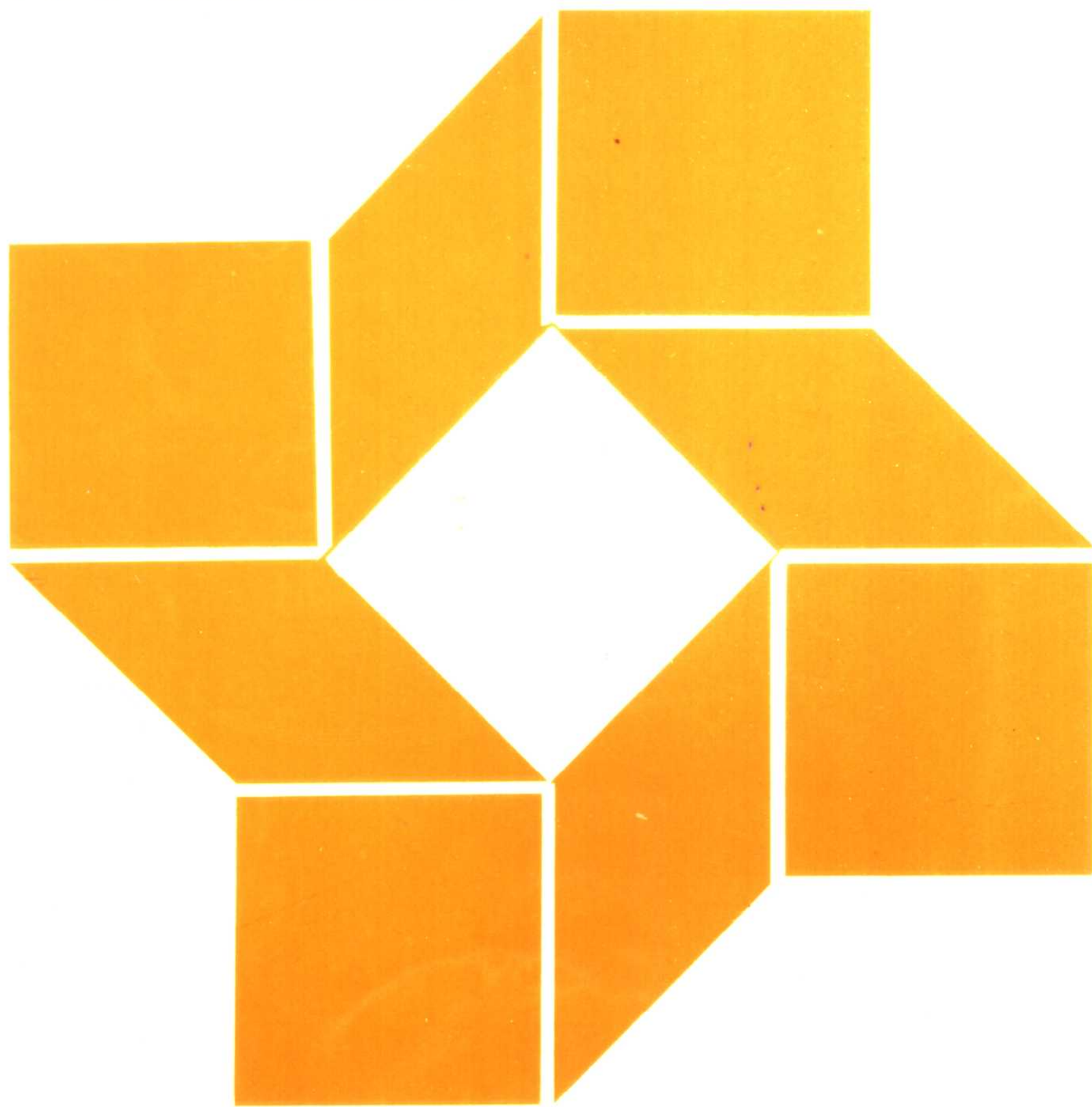


# 陶瓷工艺学

章秦娟 主编

高等专科学校试用教材



武汉理工大学出版社

高等专科学校试用教材

# 陶瓷工艺学

章秦娟 主编

武汉理工大学出版社

## 内 容 简 介

本书是由国家建材局高等专科教学指导委员会材料学科编审组审定的高等专科教材,供“无机非金属材料”、“材料科学与工程”、“硅酸盐工程”专业使用。全书共九章:原料、坯料及其计算、坯料的制备、成型、釉料、坯体干燥、烧成、瓷坯的显微结构与性质、陶瓷装饰等。本书综合了国内外日用陶瓷及建筑陶瓷发展趋势,符合我国日用陶瓷及建材工业的实际情况与具体特点,坚持了“科学性、先进性、实用性”的原则,特别是在工艺理论、理论与实践相结合、解决实际生产中存在问题等方面独具特色,适合我国日用陶瓷及建筑陶瓷工业发展的需要。

本书除作教材外,还可作为日用陶瓷及建筑陶瓷工作者的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

陶瓷工艺学/章秦娟主编. —武汉:武汉理工大学出版社, 1997.3

ISBN 7-5629-1244-0/TQ·137

I. 陶… I. 章… II. 高等专科学校-陶瓷工业-教材 IV. TQ174

武汉理工大学出版社出版发行

(武昌珞狮路14号 邮编430070)

荆州市鸿盛印刷厂印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:20 插页:1 字数:496千字

1997年3月第1版 2005年1月第3次印刷

印数:4001—5000册 定价:30.00元

(本书如有印装质量问题,请向承印厂调换)

# 前 言

本书系根据国家建材局高等专科教学指导委员会材料学科组审定的《陶瓷工艺学》教材编写大纲,由湖南轻工业高等专科学校、西南工学院、湖南建材高等专科学校、岳阳常鑫陶瓷公司和洛阳工业高等专科学校有关教师共同编写而成。

本书是在参照多种版本的轻工高校及建材高校《陶瓷工艺学》的基础上,根据高等专科注重实践的教学特点,吸收、补充了国内外材料工业生产、科研的新成果,重新编写而成的,既注重理论与实践的结合,又强调解决实际问题能力的培养。力求使本书更具科学性、先进性及实用性,能对日用陶瓷、建筑陶瓷的生产和研究有一些指导作用。

本书由章秦娟主编。编写人员分工如下:湖南轻工业高等专科学校章秦娟(绪论、第一、四章)、西南工学院滕元成(第二章)、湖南建材高等专科学校颜汉军(第三、九章)、湖南岳阳常鑫陶瓷公司黄湘久(第五、六章)、洛阳工业高等专科学校廖桂华、章少华(第七、八章)。全书由章秦娟修改与整理,由武汉工业大学李凝芳教授和湖南大学唐绍裘教授主审。在审稿过程中,两位教授细致认真地进行了校阅,提出了宝贵的修改意见,对本书的充实、完善和提高给予了极大的支持和帮助,特此表示衷心的感谢。

由于编写时间短,加上编者经验不足,水平有限,书中错误及不当之处在所难免,敬请读者批评、指正。

编 者  
1995年12月

# 目 录

绪 论	1
一、陶瓷的概念与分类	1
二、我国陶瓷工业发展概况	3
三、陶瓷工业在现代化建设中的作用	4
第一章 原料	5
第一节 粘土类原料	5
一、粘土的成因及分类	5
二、粘土的组成	7
三、粘土的工艺性能	16
四、粘土加热过程的变化	21
五、粘土在陶瓷生产中的作用	23
第二节 石英类原料	23
一、石英的种类及性质	23
二、石英的晶型转化	25
三、石英在陶瓷生产中的作用	28
第三节 长石类原料	28
一、长石的种类及一般性质	28
二、长石的代用品	31
三、长石类原料在陶瓷生产中的作用	33
第四节 其他原料	33
一、滑石、蛇纹石	33
二、硅灰石、透辉石	35
三、骨灰、磷灰石	36
四、碳酸盐类原料	36
五、叶蜡石	37
六、工业废渣及废料	38
第二章 坯料及其计算	43
第一节 坯料的类型	43
一、坯料分类和组成	43
二、陶瓷坯料的组成	47
第二节 确定坯料配方的依据	67
第三节 坯料计算	69

一、坯料组成的表示方法 .....	69
二、配方的计算 .....	71
<b>第四节 坯料的基本工艺性能要求</b> .....	86
一、可塑坯料 .....	86
二、注浆坯料 .....	88
三、压制坯料 .....	92
<b>第三章 坯料的制备</b> .....	95
<b>第一节 坯料的种类和质量要求</b> .....	95
<b>第二节 原料的预烧与精选</b> .....	95
一、原料的预烧 .....	95
二、原料的精选 .....	96
<b>第三节 原料的破碎</b> .....	97
一、颚式破碎机 .....	98
二、轮碾机 .....	98
三、球磨机 .....	98
四、环辊磨机(雷蒙机) .....	100
五、笼式打粉机 .....	100
六、振动磨 .....	101
<b>第四节 除铁、过筛与搅拌</b> .....	101
一、除铁 .....	101
二、筛分 .....	102
三、搅拌 .....	103
<b>第五节 泥浆脱水</b> .....	104
一、泥浆压滤脱水法(榨泥) .....	104
二、泥浆喷雾干燥脱水工艺 .....	105
<b>第六节 练泥和陈腐</b> .....	108
一、真空练泥 .....	108
二、陈腐 .....	108
<b>第七节 坯料制备流程</b> .....	109
一、可塑坯料的制备 .....	109
二、注浆坯料的制备 .....	112
三、压制坯料的制备 .....	112
<b>第八节 坯料的质量控制</b> .....	113
一、塑性坯料的质量控制 .....	113
二、注浆坯料的质量控制 .....	114
三、压制坯料的质量控制 .....	115

<b>第四章 成型</b> .....	117
<b>第一节 成型方法的分类及选择</b> .....	117
一、成型方法的分类 .....	117
二、成型方法的选择 .....	118
<b>第二节 可塑成型</b> .....	118
一、可塑成型的分类 .....	118
二、可塑成型对坯料的要求 .....	118
三、几种主要的可塑成型方法 .....	119
四、雕塑、印坯、拉坯 .....	125
五、塑压成型 .....	126
<b>第三节 注浆成型</b> .....	127
一、注浆的工艺原理 .....	127
二、注浆成型的特点及对泥浆的要求 .....	128
三、注浆法的种类 .....	129
四、注浆成型常见缺陷分析 .....	132
五、注浆成型的机械化 .....	132
<b>第四节 压制成型</b> .....	133
一、压制成型的工艺原理 .....	133
二、压制成型对粉料的要求 .....	139
三、压制成型用机械 .....	141
四、等静压成型 .....	144
<b>第五节 热压铸成型</b> .....	148
一、热压铸成型对粉料的要求 .....	148
二、热压铸成型工艺流程 .....	149
三、热压铸成型工艺参数控制 .....	150
四、热压铸机及模具 .....	150
五、排蜡 .....	151
<b>第六节 成型模具</b> .....	151
一、石膏模型 .....	151
二、弹性模具 .....	158
三、压制成型用的金属模具 .....	158
四、模具的放尺 .....	159
<b>第五章 釉</b> .....	161
<b>第一节 釉的作用与特点</b> .....	161
<b>第二节 釉的物理化学性质与釉性能的测试方法</b> .....	162
一、釉的物理化学性质 .....	162
二、釉性能的测试方法 .....	168

<b>第三节 釉的分类与制釉原料</b> .....	173
一、釉的分类及其特点 .....	173
二、釉用原料 .....	175
<b>第四节 釉料配方及计算</b> .....	180
一、釉料的配方 .....	180
二、釉的配方计算 .....	180
<b>第五节 釉料制备</b> .....	190
一、生料釉的制备 .....	190
二、熔块釉的制备 .....	190
<b>第六节 施釉</b> .....	191
一、釉浆的工艺性能 .....	191
二、施釉 .....	192
<b>第七节 施釉缺陷及控制</b> .....	193
一、失去光泽 .....	193
二、釉裂 .....	194
三、起泡 .....	194
四、釉的流动和流失 .....	195
五、剥釉 .....	195
六、釉面析晶 .....	195
七、釉面针孔 .....	196
八、桔釉 .....	196
九、滚釉 .....	197
<b>第六章 坯体干燥</b> .....	198
<b>第一节 干燥机理</b> .....	198
一、坯体中水分的类型及结合形式 .....	198
二、干燥过程 .....	199
三、坯体在干燥过程中的变化 .....	201
四、影响干燥速度的因素 .....	202
<b>第二节 干燥方法及设备</b> .....	204
一、热风干燥 .....	205
二、辐射干燥 .....	208
三、电干燥 .....	209
四、其他干燥方法 .....	212
<b>第三节 干燥制度的确定</b> .....	213
一、干燥速度 .....	213
二、干燥介质的温度和湿度 .....	214
三、干燥介质的流速及流量 .....	214
四、零压点的控制 .....	214



第四节 干燥缺陷的产生及排除	215
一、变形	215
二、开裂	215
<b>第七章 烧成</b>	<b>216</b>
第一节 坯体在烧成过程中的物理化学变化	216
一、低温阶段(室温~300°C)	216
二、氧化分解阶段(300~950°C)	216
三、高温阶段(950°C~最高烧成温度)	218
四、冷却阶段(烧成温度~常温)	220
第二节 特种陶瓷的烧结	221
一、特种陶瓷的烧结特点	221
二、特种陶瓷的烧结过程	221
第三节 烧成设备	223
一、隧道窑	223
二、辊道窑	224
三、推板窑	225
四、倒焰窑与梭式窑	226
第四节 烧成制度	227
一、烧成制度的确定与工艺控制	227
二、一次烧成与二次烧成	232
三、低温烧成与快速烧成	233
第五节 窑具与装窑	235
一、窑具	235
二、装窑	238
第六节 烧成缺陷分析	239
一、变形	239
二、开裂	239
三、起泡	240
四、烟熏、阴黄与火刺	240
五、釉面针孔、桔釉、缺釉	240
六、落脏	241
七、色差	241
八、夹层	241
第七节 烧成新工艺	241
一、热压烧结	241
二、真空烧结	244
三、其他烧结方法	244

<b>第八章 瓷坯的显微结构与性质</b> .....	246
<b>第一节 瓷坯的显微结构</b> .....	246
<b>第二节 陶瓷的性质</b> .....	251
一、白度 .....	251
二、光泽度 .....	252
三、透光性 .....	253
四、机械强度 .....	254
五、表面硬度 .....	255
六、热稳定性 .....	256
七、吸湿膨胀性 .....	256
<b>第九章 陶瓷装饰</b> .....	258
<b>第一节 陶瓷色料</b> .....	258
一、陶瓷色料的分类 .....	258
二、陶瓷色料的制造 .....	260
三、陶瓷色料的呈色机理 .....	261
<b>第二节 色釉及艺术釉</b> .....	262
一、色釉 .....	262
二、艺术釉 .....	265
<b>第三节 彩饰</b> .....	270
一、釉上彩 .....	270
二、釉下及釉中彩 .....	271
<b>第四节 贵金属装饰</b> .....	272
一、亮金(金水) .....	272
二、磨光金(无光金、厚质金) .....	272
三、液态磨金 .....	272
四、腐蚀金装饰 .....	273
<b>第五节 其他装饰方法</b> .....	273
一、光泽彩 .....	273
二、色坯与色化妆土 .....	274
三、照相装璜 .....	275
四、丝网印花 .....	275
<b>主要参考文献</b> .....	277
<b>附录 1 常用陶瓷原料参数</b> .....	278
<b>附录 2 美国筛网规格表</b> .....	294
<b>附录 3 俄罗斯检验用高精度方孔金属丝织筛网</b> .....	296
<b>附录 4 英国标准筛</b> .....	297

附录 5	法国标准筛 .....	297
附录 6	德国标准筛网系列 .....	298
附录 7	日本标准筛 .....	299
附录 8	国际标准组织推荐筛网系列 .....	300
附录 9	各种筛网对照表 .....	301
附录 10	测温锥的软化温度与锥号对照表 .....	302
附录 11	常用非金属矿物的组成计算 .....	303
附录 12	元素周期表	

# 绪 论

## 一、陶瓷的概念与分类

陶瓷是人类生活和生产中不可缺少的一种重要材料。从陶瓷的发明至今已有数千年的历史。一般将那些以粘土为主要原料加上其他天然矿物原料经过拣选、粉碎、混练、成型、煅烧等工序制作的各类产品称作陶瓷。如我们使用的瓷盘、碗、花瓶等就是日用陶瓷；建房铺地用的外墙砖、瓷质砖、马赛克等均为建筑陶瓷；输电线路上的瓷绝缘子、瓷套管等属于电瓷。无论是日用陶瓷，还是建筑陶瓷、电瓷等都是传统陶瓷。正因为这类陶瓷使用的主要原料是自然界的硅酸盐矿物（如粘土、长石、石英等），所以又可归属于硅酸盐类材料及制品的范畴。陶瓷工业、玻璃、搪瓷、水泥、耐火材料等工业统称为硅酸盐工业。

随着科学技术的发展，近百余年出现了许多新的陶瓷品种，它们采用的原料也不完全局限于粘土、长石、石英等天然原料。也就是说这些新的陶瓷品种，除采用传统的氧化物外，还采用一些氧化物以外的原料如氮化物、碳化物、硼化物、砷化物、钛化物等，加上一些化工原料和合成矿物，这样组成范围就扩展到整个无机非金属材料的范围中去了。除采用传统陶瓷的生产工艺外，还出现了许多新的生产工艺。为此，我们认为目前广义的陶瓷概念应是无机非金属固体材料和产品的通称。基于这种情况，我们认为，不管是多晶烧结体，还是单晶、薄膜、纤维的结构陶瓷和功能陶瓷等无机非金属固体材料和产品，均可称为陶瓷。

陶瓷的范围在国际上并无统一概念。在欧美等国家中，陶瓷最初是指传统的粘土质产品，随着科学技术的发展，出现了许多特种陶瓷，这便赋予陶瓷以更广泛的涵义。在美国和日本，陶瓷(ceramics)是硅酸盐或窑业的同义词，它包括陶瓷、水泥、耐火材料、玻璃、搪瓷、珐琅等等。

从产品种类来说，陶瓷系陶器与瓷器两大类产品的总称。陶器通常未烧结或部分烧结，有一定的吸水率，断面粗糙无光，不透明，敲之声音粗哑，有的无釉，有的施釉。而瓷器的坯体已烧结，基本上不吸水，致密，有一定透明性，敲之声音清脆，断面有贝壳状光泽，通常根据需要施有各种类型的釉。介于陶与瓷之间的一类产品，就是国际上统称的炻器，也就是半瓷器。这类产品已基本烧结，坯体致密，吸水率小，颜色深浅不等，缺乏半透明性。科技文献中常称之为石坯瓷。

随着科学技术的不断发展，陶瓷产品的种类越来越多，为了便于学习掌握各种制品的特征，需要进行分类。通常从不同角度加以分类，如表 1-1 所示。有按物理性能分类的，有按原料及产品组成分类的，也有按用途分类的。国际上目前尚无统一标准。我们试将陶瓷产品分为如下三大类：

### (一) 陶器

1. 粗陶器；如盆、罐、砖瓦、各种陶管等。
2. 精陶器；如日用精陶、美术陶器、釉面砖等。

### (二) 炻器

如日用炻器、卫生陶瓷、化工陶瓷、低压电瓷、地砖、锦砖、青瓷等。

表1-1

陶瓷制品的详细分类

类别	种类	详细分类	使用原料	组成范围 (%)							烧成温度 (°C)	用途举例	特征、性质			
				粘土或高岭土	石英	长石	CaCO <sub>3</sub>	熟料	瓷石	骨灰			滑石	颜色	吸水率	相对密度
陶器	粗陶器	石灰质 硅石质	易熔粘土	100					0~20			850~1100	砖、瓦、盆、罐等	黄、红、青、黑	11~20	1.5~2.0
	普通陶器		可塑性高的难熔粘土、石英、熟料	0~100	0~20				0~20			900~1200	日用器皿	黄、红、灰	6~14	2.0~2.4
	细陶器	粘土质 石灰质 长石质 熟料质 其他	可塑性高的难熔粘土、石英、长石、熟料等 镁质粘土、硅灰石、透辉石、其他熔剂	80~85 55~50 40~55 45~80	15~20 35~45 35~55	— — 3~12	— 5~10 —		20~55			素烧 1100~1300 釉烧 1000~1200	日用器皿、彩陶、卫生用具、建筑制品、陈设品等	白色或浅色	4~12	2.1~2.4
瓷器	炆瓷器	粗炆瓷器 细炆瓷器	用细陶器	53~55 30~70	40~42 30~60	3~5 5~25						1200~1300 1250~1300	日用器皿、建筑制品、耐热制品、化工陶瓷、陈设品等	乳黄、浅褐、灰、紫	0~3	1.3~2.4
	普通瓷器和细瓷器	长石质 铜云母质 磷酸盐质 镁质 其他	高岭土、瓷石、可塑性高的难熔粘土、长石、石英、骨灰、滑石等	40~60 30~70 20~45 10~15	20~30 9~20	20~30 8~22 10~15		70~30	20~60	70~75	1250~1450 1250~1450 1200~1300 1300~1400	日用器皿、艺术陈设品、电瓷、耐热瓷、化学瓷等	白色或浅色	0~1	2.4~2.6	
	特种瓷	高铝质 镁质 锆质 钛质 锆质 磁性瓷 金属陶瓷 其他	高铝矾土、氧化铝、滑石、氧化镁等 锆英石等 TiO <sub>2</sub> 等 含锂矿物等 各种氧化物、氮化物、硅化物等										高频和超高频绝缘材料、强电材料、磁性材料、电容器材料、耐高温和机械强度高材料,其他特种功能材料等			>2.6

### (三)瓷器

1. 细瓷:如日用细瓷(长石瓷、绢云母瓷、骨灰瓷等)、美术瓷、高压电瓷、高频装置瓷等。
2. 特种陶瓷:如高铝质瓷、压电陶瓷、磁性瓷、金属陶瓷等。

## 二、我国陶瓷工业发展概况

我国的陶瓷生产有着悠久的历史 and 光辉的成就。瓷器是我国的伟大发明之一,经过历代劳动人民的创造、革新,无论在材质、造型、装饰等方面均有了较高的工艺造诣,体现出我国瓷器的独特风格。

陶器是人类最早的手工业制品,陶器的产生标志着人类开始从游牧生活转为定居务农生活。人类通过无数次实践发现粘土不用涂在编制或木制的容器上,只要将其单独加水捏成一定形状,用火煨烧后一样可以使用,这样,就发明了陶器。这标志着人类文化开始从旧石器时代跨入了新石器时代。

我国陶器起源于何时,众说纷纭,莫衷一是。到目前为止,我国最早的陶器在北方和南方均有发现。北方中原地区 1977 年发现的裴李岗遗址中的陶器,根据  $C^{14}$  测定年代约为公元前 5935 $\pm$ 480 年,距今约为 8000 年;1976 年在磁山遗址中发现的陶器,距今约为 7300 年之久。南方浙江省余姚河姆渡村遗址中的陶器,据测定距今约 7000 年之久。这些最早的陶器大都是泥质和夹砂红陶、灰陶和夹碳黑陶。其中夹碳黑陶使用的是含  $Fe_2O_3$  量较低(1.5%~1.8%)的绢云母质粘土,烧成温度约 800~900 $^{\circ}C$ 。

随着陶器制作的不断改进,到新石器时代末期,已发展到以生产彩陶和黑陶为标志的史前文化。1921 年在河南浚池县仰韶村,首先发现了红黑花纹的彩陶片与磨制过的石器共存。考古学家称这一时代的文化为“仰韶文化”,又称“彩陶文化”,1928 年在山东历城县龙山镇城子崖,发现了许多黑色的陶器,与石器和骨器共存,这些人类遗物所代表的文化,在考古学上称之为“黑陶文化”,又称“龙山文化”。

西汉(公元前 206~公元 220 年)是我国制陶鼎盛时期,制陶工场处处可见,其中釉陶生产到西汉末年已成了一种正常的生产。汉代釉陶的釉色有翠绿、铜绿、赭黄、青灰等,基本上是含有少量氧化铜、氧化铁的铅釉。而硬陶上的青灰釉是一种高钙石灰釉,含  $CaO$  达 15%~20%。后经原料精制,烧成温度提高,又使用了石灰釉,使汉代末期的釉陶已向坯质更致密、釉色更光亮、坯釉结合更好的瓷器过渡。

东汉末年,釉陶已发展成瓷器,但陶器也由于它自身的一些优点,而得以与瓷器并存。随着时代的变迁,陶器的品种也在不断更新,如唐代的唐三彩,宋代以后江苏宜兴地区兴盛的紫砂陶器等,都是至今盛名不衰的著名陶器。

关于从陶到瓷的发展过程,中国科学院上海硅酸盐研究所李家治等曾科学地指出,我国之所以能够由陶过渡到瓷,主要是由于我国古代劳动人民经过长期实践,在制陶工艺取得辉煌成就的基础上,又逐步提高认识,积累经验,在原料的选择和精制、窑炉的改进及烧成温度的提高、釉的发展和使用时等方面有了新的突破。远在商、周时代,即创造了釉陶和最原始的瓷器。东汉末年,完成了从陶到瓷的过渡。在我国陶瓷发展史上有三个重大突破和三个重要阶段。三个突破是:原料的选择和精制,窑炉的改进及烧成温度的提高,釉的发现及使用。三个阶段是:陶器—原始瓷器—瓷器。化学组成中的  $Fe_2O_3$  亦由陶器的 6%到原始瓷器的 3%,到瓷器中的 1%左右,正因为  $Fe_2O_3$  的降低,使瓷器烧成温度有了一定提高。

我国学者刘秉诚认为,我国陶瓷的发展历程经历了三个重大飞跃:商周时代的釉陶是陶器的第一个飞跃;从釉陶发展到具有半透明的釉,而胎还是欠致密的瓷器,这是第二次飞跃;以后在此基础上发展成为具有半透明胎的瓷器是第三次飞跃。那么发展到如今许多高新技术中应用的具有耐磨、耐高温、耐腐蚀等特性的技术陶瓷及功能陶瓷可以说是陶瓷发展的第四次飞跃了。

我国陶瓷生产对世界文化发展产生了重大影响。据有关资料介绍,9世纪中国瓷器就传至东非及阿拉伯地区。南宋时福建泉州瓷就贩运到荷兰、欧洲等地。16世纪欧洲各国才仿制中国瓷器。18世纪初叶法国传教士殷弘绪在中国景德镇住了很长一段时期,曾于1712年、1722年先后发回两封长信介绍中国制瓷秘密。12世纪朝鲜仿制中国越窑、汝窑、磁州窑等产品,15世纪仿制出景德镇的青花白瓷。13世纪日本人来中国福建、景德镇学习制瓷技术。我国制瓷技术的传播,促进了各国陶瓷业的发展。

虽然我国陶瓷生产有着辉煌的成就,誉满全球,但在旧社会,由于封建主义、帝国主义及官僚资本主义的残酷压榨,使我国陶瓷工业受到严重摧残。传统的日用瓷、艺术瓷十分萧条,新兴工业陶瓷无法发展。一向著名的瓷区如景德镇、宜兴、醴陵、德化、石湾等地,一直沿用着传统的落后生产方式,工人劳动强度大,劳动条件长期得不到改善,致使许多珍贵的技艺失传,使陶瓷工业一度处于崩溃的边缘。

解放后,党和人民政府给予陶瓷工业很大的关怀与支持,使陶瓷工业迅速得到了恢复和发展。几十年来,扩建、新建了许多新型工厂,如著名瓷区景德镇、醴陵、唐山、宜兴、邯郸、淄博、石湾、枫溪、海城、荣昌、温州、高陂等地的制瓷工业均得到了蓬勃发展。不仅数量上比解放前翻了数十番,质量上也有了很大提高,品种上更是推陈出新、百花齐放,陶瓷生产方式也正在向机械化、自动化迈进。总之,陶瓷工业的新工艺、新技术、新设备层出不穷,新品种、新造型、新装饰正像雨后春笋似地出现。特种陶瓷发展也很快,为我国现代的空间技术、电子技术、医疗卫生、自控及广播电视等提供了良好的材料,使陶瓷材料工业成为21世纪最热门、最有前途的支柱产业之一。

### 三、陶瓷工业在现代化建设中的作用

近几十年来,出现了不少新技术,如空间技术、电子技术、激光技术、计算技术、红外技术等。这些技术的应用、推广只有在新型材料的发现与生产的基础上才能得到保证。

陶瓷作为功能和结构材料,广泛应用于工业、农业、医疗卫生、自控、广播电视等各个领域。为了提高电压等级和增大输配电容量,要求有高机械强度和介电强度的电瓷,以供线路、电器及电站使用。耐腐蚀、耐磨损、热稳定性高的化工陶瓷成为化学工业发展中必不可少的材料。电子技术从晶体管到厚、薄膜电路、大规模集成电路,这与压电、铁电陶瓷、磁性材料、半导体材料及器件的研制成功是分不开的。一些宇航技术中的运载工具(如火箭、人造卫星、飞船等)所使用的高温结构材料、烧蚀材料及涂层等都属于陶瓷的范围。目前世界许多国家的陶瓷材料科研工作者又研制出了杀菌卫生陶瓷、玻纤增强陶瓷、记忆陶瓷、塑料陶瓷等新的陶瓷产品,同时在陶瓷与其他材料复合方面也迈出了可喜的步伐。

广大陶瓷科技工作者,既要认真学习别国的先进技术,又要继承和发扬本国陶瓷生产的优良传统;既要认真学习陶瓷方面的理论知识,又要认真实践、不断创新,为陶瓷工业的迅猛发展作出自己应有的贡献。

# 第一章 原 料

陶瓷制品属于无机非金属材料的多晶相制品,其采用的原料品种繁多,就其来源可分为天然原料及化工原料。顾名思义,所谓天然原料,就是天然的岩石或矿物,其中又以天然硅酸盐矿物采用最多。而化工原料,即采用化学或物理方法将天然原料富集或提纯,以满足日益发展的特种陶瓷各类品种对原料纯度及性能的要求。

陶瓷制品既然是多晶体,那么这多晶体的结构就要由原料及采用的工艺生产过程来决定。如采用高岭土或粘土就可获得莫来石晶相;采用石英即可得到石英晶相;采用长石、滑石等熔剂原料就能得到结构中的玻璃相。另外,我们可以利用原料的可塑性及非可塑性来调剂成型性能及干燥和烧成收缩,以获得较好的工艺性能去适应陶瓷生产较复杂的工艺过程。

影响陶瓷产品性能及质量的因素很多,其中最主要的因素无非是:①与原料质量有关的因素;②与生产工艺过程有关的各类因素。一般而言,没有高质量的原料就很难生产出性能和质量均较好的产品。天然原料由于其成因及产状上的差异使其品位及纯度相差很大,带来了组成、性质方面的差别。我们可根据产品性能的不同要求,采用不同质量的原料,尽量做到物尽其用,按质用料,并要设法以低品位的原料加上一些必要的措施生产出高质量的产品来。

我国陶瓷原料品种繁多,如能将各类原料进行精加工,即进行分选、除杂质、粉碎等处理,生产出按矿物组成、化学成分、颗粒级比等不同而分级的标准化原料,这既可充分利用矿山资源,亦可大大减少陶瓷生产质量波动而带来的一系列损失。

## 第一节 粘土类原料

粘土类原料是陶瓷生产的主要原料之一,日用细瓷用量为40%~60%;釉面砖生产用量亦大于40%,它除采用软质粘土外,还采用大量的硬质粘土(如叶蜡石、硬质高岭土等),有的厂家只用单一或两种低可塑性的粘土就生产出了红色地砖。

粘土类原料是一种疏松的或呈胶状致密的水铝硅酸盐矿物,是多种微细矿物和杂质的混合物。

由于粘土成矿的组成不同,生成条件各异,致使粘土本身的矿物组成及某些物理性能等方面均有不同程度的差别。

### 一、粘土的成因及分类

#### (一)粘土的成因

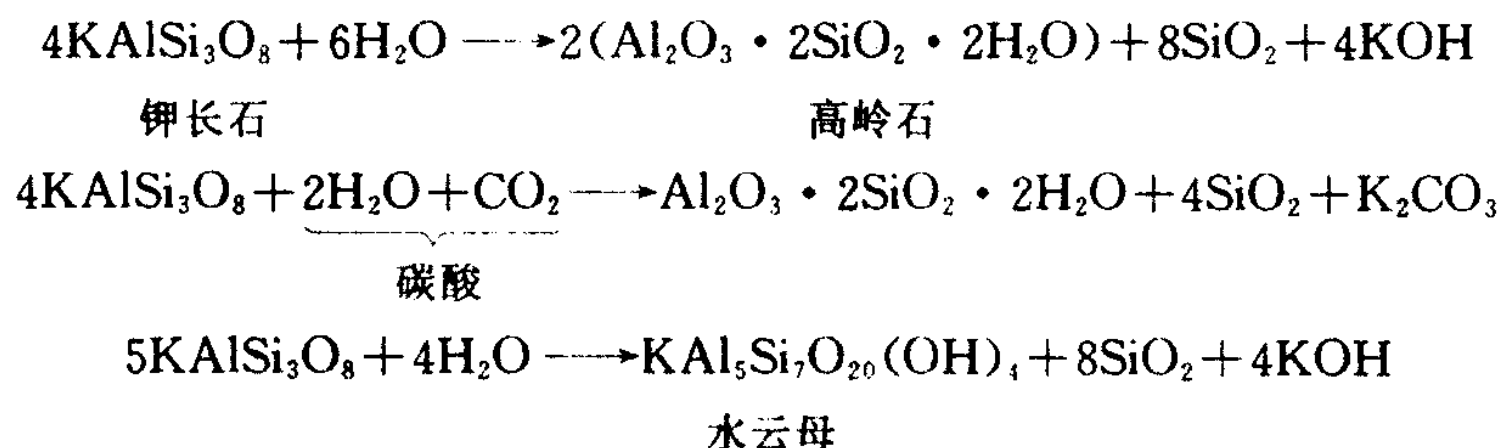
自然界的粘土是多种含水铝硅酸盐矿物的混合物,外观多为土状或致密块状,呈白、黄、红、黑、灰等多种颜色,颗粒微细,多数均小于 $2\mu\text{m}$ ,晶体有片状、管状、球状及六角鳞片状等。将其与水拌和能塑成各类形状,干后形状不变且有一定强度,煅烧后坚硬如石。

自然界的粘土是由富含长石的铝硅酸盐矿物的岩石经过漫长的风化、水解、热液蚀变等地质作用而形成的。



风化又分为机械风化即物理风化(主要是温度的变化、冰冻、水力等)、化学风化(主要是二氧化碳及水的作用)以及有机物风化(动植物遗骸腐蚀)。当然以上三种风化不是单一进行的,而是错综交叉进行的。

当含有  $O_2$ 、 $N_2$ 、 $CO_2$ 、酸碱、可溶性盐类物质的天然水与岩石长期作用时,使岩石产生溶解、水化和侵蚀,从而形成新的矿物。例如:



钾长石在风化水解过程中生成的可溶性物质,如  $K_2CO_3$ 、 $KOH$  等,胶状  $SiO_2$  等均随水流失,只残留下高岭石、白云母、部分  $SiO_2$ ,再经过漫长的地质时期,便生成了具有一定工业价值的粘土矿。

当高温岩浆遇冷逐渐降温时,其中溶有大量其他化合物的热液(水)作用于母岩而形成的粘土矿为热液蚀变型粘土矿。蒙脱石类粘土就是如此形成的。

母岩不同,风化、水解、蚀变的条件不同,常形成不同类型的粘土矿物。

## (二)粘土的分类

粘土种类繁多,为便于研究,须将其分类。但因研究者的着重点不同,难以统一。一般均可按成因、产状、工艺性能及矿物组成等来分类。

### 1. 按成因分类

#### (1) 一次粘土

又称残留粘土或原生粘土,即母岩经风化崩碎后就地残留下来的粘土。此粘土中风化产生的可溶性物被雨水冲蚀,留下高岭石和石英,故质地较纯,耐火度较高。根据风化程度不同,往往含有母岩杂质(石英、云母、方解石、黄铁矿等)及长石碎粒,其颗粒较粗,可塑性较差(如高岭土)。

#### (2) 二次粘土

又称沉积粘土或次生粘土,是由风化而成的一次粘土经雨水、河川的漂流,风力的迁移而在低洼的地方沉积形成的粘土层。在漂流迁移过程中,石英因粒粗而逐渐沉降,粘土本身经碰撞摩擦而变细,漂迁过程中夹带入一些有机物质和其他杂质,因此具有颗粒细小,可塑性较强,耐火度较低的特点,常因混入呈色杂质而带色。

### 2. 按耐火度分类

#### (1) 耐火粘土

此类粘土较纯、杂质较少,耐火度在  $1580^\circ\text{C}$  以上,烧后多为白、灰、淡黄色,是生产细瓷、耐火制品、耐酸制品的主要原料。

#### (2) 难熔粘土

耐火度在  $1350\sim 1580^\circ\text{C}$  之间,含易熔杂质  $10\%\sim 15\%$ ,可作炆器、陶器、瓷砖、装饰砖的原料。

#### (3) 易熔粘土

耐火度在  $1350^\circ\text{C}$  以下,含大量杂质,含铁量亦较高,可用作砖瓦、粗陶等制品的主要原料。